I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCGO und Abiturerlass in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzen sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzen									
	F1	F2	E1	E2	E3	K1	K2	K3	B1	B2
1.1	X	X								
1.2		X		X				X		
1.3	X							X		
2.1		X		X		X				
2.2		X		X						
2.3		X								
2.4									X	
2.5		X							X	
3.1	X						X			
3.2		X						X		

Inhaltlicher Bezug
Q1: Elektrisches und magnetisches Feld
verbindliche Themenfelder: Elektrisches Feld (Q1.1), Magnetisches Feld (Q1.2)

II Lösungshinweise und Bewertungsraster

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, sind ebenso zu akzeptieren. Bei den Ergebnissen numerischer Rechnungen ist zu berücksichtigen, dass in der Physik Messwerte und sich daraus ergebende Rechenergebnisse immer nur im Rahmen der Messgenauigkeit korrekt sind und gerundete Werte darstellen. Geringe Abweichungen von den in den Lösungshinweisen angegebenen Werten sind daher zu akzeptieren.
Bei den unten angegebenen Lösungen werden für Naturkonstanten die im Taschenrechner vorhandenen Werte verwendet. Zwischen- und Endergebnisse sind sinnvoll gerundet angegeben.
Für weitere Rechnungen mit diesen Zwischenergebnissen werden nicht die gerundeten, sondern die im Taschenrechner gespeicherten Werte verwendet, damit Rundungsungenauigkeiten nicht kumulieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
1.1	<u>Erläutern:</u> Die Polung der Spannung U_1 ist so gewählt, da die Spannung U_1 zur Beschleunigung der Elektronen zur (mittig angeordneten) positiven Anode dient. Die Spannung U_2 dient zur Beschleunigung der durch die Ionisation erhaltenen Protonen zur negativen Extraktionskathode, somit ist auch hier der positive Pol mit der Anode verbunden. <u>Angeben:</u> Es wird eine Mindestspannung von 13,6 V benötigt.	4 1
1.2.1	<u>Berechnen:</u> $E_{\text{el}} = E_{\text{kin}} \Leftrightarrow e \cdot U_2 = \frac{1}{2} m_{\text{p}} \cdot v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_2}{m_{\text{p}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot 90\,\text{kV}}{m_{\text{p}}}} = 4{,}15 \cdot 10^6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$	3
1.2.2	<u>Untersuchen:</u> I: Sind der Vektor der Anfangsgeschwindigkeit und die Beschleunigungsrichtung gleich gerichtet, so wird das Proton in Richtung der Kathode beschleunigt. Die durch die Beschleunigungsspannung verrichtete elektrische Arbeit wird zu der durch die Anfangsgeschwindigkeit vorhandenen kinetischen Energie addiert. Es ergibt sich somit eine Gesamtenergie der Protonen von $E_{\text{ges}} = E_0 + W_{\text{el}}$. II: Ist der Vektor senkrecht zur Beschleunigungsrichtung gerichtet, so ergibt sich wie beim waagerechten Wurf eine Wurfparabel, bei der sich die resultierende Geschwindigkeit vektoriell aus $v_{\text{ges}}^2 = v_0^2 + v_{\text{el}}^2$ ergibt. Mit dieser Gleichung folgt: $\frac{1}{2} m_{\text{P}} \cdot v_{\text{ges}}^2 = \frac{1}{2} m_{\text{P}} \cdot v_0^2 + \frac{1}{2} m_{\text{P}} \cdot v_{\text{el}}^2 \Leftrightarrow E_{\text{ges}} = E_0 + W_{\text{el}}$. Daher ist in diesem Fall die Gesamtenergie der Protonen identisch mit derjenigen in Fall I. *Eine Argumentation, dass es sich bei der Energie um eine skalare Größe handelt und in der Extraktionskammer prinzipiell nur Energie zugeführt wird, was direkt auf die Gleichung $E_{\text{ges}} = E_0 + W_{\text{el}}$ führt, ist ebenfalls zu akzeptieren.*	5
1.3	<u>Begründen:</u> Die Lorentzkraft wirkt nicht, wenn sich die Ladungen parallel zu den magnetischen Feldlinien bewegen. Es wirkt also keine Kraft und die kinetische Energie wird nicht erhöht. Bewegen sich die Ladungen senkrecht zu den Magnetfeldlinien, so wirkt die Lorentzkraft aufgrund der Drei-Finger-Regel senkrecht zur Bewegungsrichtung. Die Lorentzkraft wirkt somit als Zentripetalkraft, sodass keine Arbeit verrichtet wird. Daher wird auch hier die kinetische Energie nicht erhöht. Schließt der Geschwindigkeitsvektor mit den Feldlinien einen beliebigen Winkel ein, so kann der Geschwindigkeitsvektor in zwei Komponenten zerlegt werden, eine parallel und eine senkrecht zu den Magnetfeldlinien. Da keine dieser Komponenten zu einer Geschwindigkeitserhöhung führt, wird auch in diesem Fall die kinetische Energie nicht erhöht. *Wird die Schlussfolgerung, dass das Magnetfeld unabhängig von seiner Richtung nicht dazu geeignet ist die kinetische Energie der Protonen zu erhöhen, bereits aus den Aussagen der ersten beiden Absätze gezogen, ist dies ebenfalls zu akzeptieren.*	5
2.1	<u>Angeben:</u> Die Magnetfeldlinien müssen aus der Blattebene herauszeigen.	1

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
	Herleiten: $F_L = F_Z$ $e \cdot v \cdot B = \frac{m_p \cdot v^2}{r}$ $r = \frac{m_p \cdot v}{e \cdot B}$	3
2.2	Erläutern: Die Geschwindigkeit der Protonen wird in jedem Beschleunigungsabschnitt erhöht. Gemäß der in Aufgabe 2.1 hergeleiteten Formel muss die Flussdichte bei konstantem Radius r im nächsten Umlenkbereich jeweils um den gleichen Faktor erhöht werden, um den sich die Geschwindigkeit erhöht hat.	3
2.3	Berechnen: $E_{kin} = \frac{1}{2} m_p \cdot v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 220\,\text{MeV}}{m_p}} = 2{,}05 \cdot 10^8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ $B = \frac{m_p \cdot v}{e \cdot r} = \frac{m_p \cdot 2{,}05 \cdot 10^8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{e \cdot 5{,}20\,\text{m}} = 0{,}41\,\text{T}$	6
2.4	Beurteilen: Da die Teilchen durch mehrfache Umläufe im Synchroton die beschleunigenden E-Felder beliebig oft durchlaufen können, ist die Stärke des E-Feldes nicht relevant für die maximal mögliche Strahlungsenergie. In Aufgabe 2.2 wurde erläutert, dass die Flussdichte in den Umlenkbereichen nach jedem Beschleunigungsvorgang erhöht werden muss, um den Bahnradius konstant zu halten. Daraus folgt, dass bei einer maximalen magnetischen Flussdichte auch eine maximale Geschwindigkeit für die Teilchen existiert, sodass sie noch auf den Bahnradius abgelenkt werden können. Teilchen mit einer höheren Geschwindigkeit können nicht mehr im Synchroton verbleiben, da die maximale Lorentzkraft nicht mehr für eine Ablenkung mit dem vorgegebenen Bahnradius ausreicht.	5
2.5	Berechnen: Laufzeit der Protonen: $s = v \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{s}{v}$ Vertikale Abweichung: $y = \frac{1}{2} g \cdot t^2 = \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{s}{v}\right)^2 = \frac{1}{2} g \cdot \left(\frac{30\,\text{m}}{0{,}75 \cdot c}\right)^2 = 8{,}73 \cdot 10^{-14}\,\text{m}$ *Die Verwendung einer Formel für den waagerechten Wurf ist ebenfalls zu akzeptieren.*	5
	Beurteilen: Die vertikale Abweichung aufgrund der Gravitationskraft ist deutlich kleiner als ein Atomdurchmesser und kann daher für die Strahlentherapie vernachlässigt werden.	1

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
3.1	Einzeichnen:	3
3.2	Begründen: Damit die Teilchen den Filter geradlinig durchlaufen, muss ein Kräftegleichgewicht zwischen Lorentzkraft und elektrischer Kraft vorliegen. Es gilt daher: $F_{\text{el}} = F_{\text{L}} \Leftrightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Leftrightarrow v = \frac{E}{B}$ Die Geschwindigkeit der Teilchen, die den Filter geradlinig passieren, hängt daher weder von der Masse noch von der Ladung der Teilchen ab.	3
	Erläutern: Auf Teilchen mit einer größeren Geschwindigkeit wirkt eine größere Lorentzkraft, die elektrische Kraft bleibt aber konstant. Daher wirkt nun auf positiv geladene Teilchen eine Kraft nach oben und sie werden nach oben abgelenkt. *Auch eine korrekte Erläuterung der Situation für negativ geladene Teilchen ist zu akzeptieren.*	2
	Summe	**50**

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO bzw. des Abzugs nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt. Der prozentuale sprachliche Anteil nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird auf 20 % festgesetzt.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Im Fach Physik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung je eines Vorschlags aus den Aufgabengruppen A und B, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45 % der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75 % der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	**Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen**			**Summe**
	AFB I	**AFB II**	**AFB III**	
1	4	11	3	**18**
2	9	9	6	**24**
3	2	5	1	**8**
Summe	**15**	**25**	**10**	**50**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.